



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 221 475** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>7</sup> **A 61 В 3/113**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2002116297/14, 19.06.2002

(24) Дата начала действия патента: 19.06.2002

(46) Дата публикации: 20.01.2004

(56) Ссылки: JP 06-269411, 27.09.1994. RU 2123797 C1, 27.12.1998. US 5963300 A, 05.10.1999. JP 05-199995, 10.08.1999.

(98) Адрес для переписки:  
410026, г. Саратов, ул. Московская, 155,  
СГУ, ПЛО, пат.пов. Н.В.Романовой

(72) Изобретатель: Усанов Д.А.,  
Скрипаль А.В., Скрипаль А.В., Абрамов  
А.В., Усанова Т.Б., Феклистов В.Б.

(73) Патентообладатель:  
Усанов Дмитрий Александрович,  
Скрипаль Александр Владимирович,  
Скрипаль Анатолий Владимирович,  
Абрамов Антон Валерьевич,  
Усанова Татьяна Борисовна

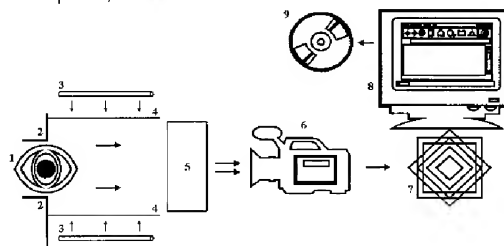
(73) Патентообладатель (прод.):  
Феклистов Владимир Борисович

(54) СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ ПО БИНОКУЛЯРНОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области медицинской техники, а именно к средствам для определения и записи движений глаз, и может быть использовано в офтальмологии для диагностики нистагма и других заболеваний глазодвигательного аппарата. Способ включает освещение глаз источником света и получение одного под другим с минимальным расстоянием видеоизображения глаз на экране компьютера с последующим анализом параметров их движения. На видеоизображении каждого глаза выбирают область, в пределах которой движется зрачок глаза. В этой области находят фигуру с размером и формой, соответствующими размерам и форме зрачка глаза. Анализ параметров осуществляют путем анализа движения центра этой фигуры, для чего записывают траекторию его движения, измеряют амплитуду и частоту спектральных составляющих движения. Устройство содержит источник света для

освещения глаз, рассеиватель света, видеокамеру для ввода видеоизображения движущихся зрачков через аналого-цифровой преобразователь в компьютер. Для формирования изображений глаз одного под другим на экране компьютера устройство имеет две пары зеркал. Изобретение позволяет повысить информативность исследования за счет формирования бинокулярного изображения, допускающего обработку с максимальным разрешением. 2 с.п. ф-лы, 12 ил.



Фиг. 1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 221 475** <sup>(13)</sup> **C1**  
 (51) Int. Cl.<sup>7</sup> **A 61 B 3/113**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2002116297/14, 19.06.2002

(24) Effective date for property rights: 19.06.2002

(46) Date of publication: 20.01.2004

(98) Mail address:  
410026, g. Saratov, ul. Moskovskaja, 155,  
SGU, PLO, pat.pov. N.V.Romanovoj

(72) Inventor: Usanov D.A.,  
Skripal' A.V., Skripal' A.V., Abramov  
A.V., Usanova T.B., Feklistov V.B.

(73) Proprietor:  
Usanov Dmitrij Aleksandrovich,  
Skripal' Aleksandr Vladimirovich,  
Skripal' Anatolij Vladimirovich,  
Abramov Anton Valer'evich,  
Usanova Tat'jana Borisovna

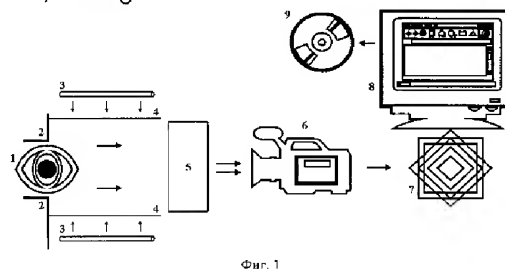
(73) Proprietor (cont.):  
Feklistov Vladimir Borisovich

(54) **METHOD AND DEVICE FOR STUDYING EYE MOVEMENTS FROM BINOCULAR IMAGE**

(57) Abstract:

FIELD: medical engineering; medicine.  
SUBSTANCE: method involves illuminating eye with light source and producing eye image pictures one under the other with minimum distance separating them on computer display screen with following analysis of their movements. An area is selected on the video picture of each eye within which the eye pupil moves. A figure is found in this area which shape and size match the eye pupil on shape and size. Parameter analysis is based on the figure center movement analysis. To do it, its motion trajectory is recorded and amplitude and frequency of motion spectral components are measured. The device has light source for illuminating eyes, light-scattering unit, video camera for

making input of moving pupil images via analog-to-digital converter into computer. Two pairs of mirrors are available to arrange the images one under the other. EFFECT: increased information output volume. 2 cl, 12 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к области медицины и биофизики, может быть использовано в офтальмологии для диагностики нистагма и других заболеваний глазодвигательного аппарата.

Известен способ ультразвукового исследования глаза путем его ультразвукового сканирования, при котором суммируют на электронном уровне серию параллельных двухкамерных неградуированных по яркости сканограмм, и за счет слияния совпадающих деталей получают градацию по яркости, используемую в качестве третьей координаты при построении трехмерного изображения акустического сечения глаза (см. патент РФ 2019133, кл. А 61 В 8/00, 1994).

Однако данный способ не позволяет получить информацию о характеристиках движения глазного яблока.

Известно устройство ультразвукового исследования глаза, содержащее ультразвуковой зонд, установленный с возможностью фиксации в любом положении в муфте приспособления, закрепленного на корпусе рассеивающей офтальмоскопической линзы бинокулярного микроскопа (см. заявку РФ 93026962, МПК А 61 В 8/10, 1995).

Недостатком устройства является невозможность получения информации о характеристиках движения глазного яблока.

Известен способ ультразвукового исследования глаза путем построения трехмерного акустического изображения после электронного суммирования серии последовательных акустических сечений (см. патент РФ 2128473, кл. А 61 В 8/10, 1999).

Недостатком способа является невысокая точность проводимых измерений.

Известно устройство для компьютерного анализа нистагмограмм при оптокинетической и калорической стимуляции, включающее усилитель переменного тока, аналого-цифровой преобразователь, персональный компьютер с пакетом программ (М. М. Левашов, С.В. Лиленко, И.М. Бахилина, М.А. Наделяев, В.В. Югай, И.Л. Сурина, В. Ю. Ухвалов. Возможности компьютерного анализа нистагмограмм при оптокинетической и калорической стимуляции. Вестник оториноларингологии. 5. 1998).

Недостатком устройства является невысокая точность проводимых измерений, поскольку устройство реализует косвенный метод и не обеспечивает абсолютной калибровки измерений.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является способ исследования движения глаза, который был реализован при проведении экспериментов в области телеокулометрии при повороте головы. Способ включает получение видеоизображения на экране компьютера, бинаризацию каждого записанного кадра, анализ параметров движения глаза, причем канал измерения положения глаза выполнен в виде оптико-электронного преобразователя на основе видеокамеры с ПЗС-матрицей, неподвижно зафиксированной относительно глазницы, а канал измерения угла поворота головы - в виде поворотного электромеханического измерительного преобразователя с кодово-импульсной модуляцией (см. Нистагмоскоп. // Российская научно-практическая конференция "ОПТИКА

И НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ-2000" ФЦП "Интеграция". 29-30 марта 2000 г. / Тез. докл. - СПб: ИТМО, 2000 г. - 72 с.).

Однако данный способ не обеспечивает проведения бинокулярных измерений.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является устройство для исследования движения зрачков глаз, включающее источник света для освещения глаз, рассеиватель света, оптико-электронный преобразователь на основе видеокамеры с ПЗС-матрицей, поворотный электромеханический измерительный преобразователь с кодово-импульсной модуляцией, аналого-цифровой преобразователь, соединенный с компьютером (см. Нистагмоскоп. // Российская научно-практическая конференция "ОПТИКА И НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ-2000" ФЦП "Интеграция". 29-30 марта 2000 г. / Тез. докл. - СПб: ИТМО, 2000 г. - 72с.).

Однако данное устройство не обеспечивает проведения бинокулярных измерений.

Задача настоящего изобретения заключается в повышении информативности исследований за счет формирования бинокулярного (одновременно обоих глаз) изображения, допускающего обработку с максимальным разрешением.

Поставленная задача достигается тем, что в способе исследования движения глаз, включающем освещение глаз источником света, получение видеоизображения глаза на экране компьютера, бинаризацию каждого записанного кадра видеоизображения, с последующим анализом параметров движения глаза, согласно предлагаемому решению на экране компьютера одновременно получают видеоизображение второго глаза, перемещают изображения глаз до получения их расположения одного под другим с минимальным расстоянием между ними, до или после бинаризации на видеоизображении каждого глаза выбирают область, в пределах которой движется зрачок глаза, в этой области находят фигуру с размером и формой, соответствующими размерам и форме зрачка глаза, анализ параметров осуществляют путем анализа движения центра этой фигуры, для чего записывают траекторию его движения, измеряют амплитуду и частоту спектральных составляющих движения, при этом за центр принимают точку, равноудаленную от границы фигуры.

В устройстве для исследования движения глаз, включающем источник света для освещения глаз, рассеиватель света, видеокамеру для ввода видеоизображения движущихся зрачков через аналого-цифровой преобразователь в компьютер, согласно предлагаемому решению имеются две пары зеркал для формирования изображений глаз одного под другим на экране компьютера, зеркала установлены между глазами и видеокамерой и выполнены с возможностью обеспечения их поворота вокруг вертикальной и горизонтальной осей, при этом первые из зеркал каждой пары расположены напротив соответствующего глаза, а вторые зеркала каждой пары расположены одно под другим, ориентированы параллельно соответствующим первым и помещены в

промежутке, разделяющем первые зеркала со смещением в сторону глаз.

Оригинальность предлагаемого решения заключается в использовании новой методики формирования вертикального расположения глаз на видеоизображении, способе отслеживания центров зрачков глаз и проведении бинокулярной видеосъемки с помощью одной видеокамеры путем применения оптической системы сведения изображений глаз. Подобная совокупность действий, позволяющая определять характер движения глаз, неизвестна.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами.

На фиг.1 представлена схема установки, где: 1 - глаза пациента, 2 - фиксатор-подставка для головы, 3 - лампа дневного света, 4 - рассеиватель, 5 - оптическая система сведения изображений глаз, 6 - видеокамера, 7 - аналого-цифровой преобразователь (плата видеоввода), 8 - компьютер, 9 - носитель информации, обеспечивающий хранение данных.

На фиг.2 - оптическая система сведения изображений глаз 5, где 10, 11 - изображения левого и правого глазных яблок, 12, 13 - первые из зеркал каждой пары, 14, 15 - вторые из зеркал каждой пары, 16 - изображения левого и правого глазных яблок, расположенные одно под другим.

На фиг. 3-7 представлена схема обработки видеoinформации, где на фиг.3 показано получение видеоизображения на экране компьютера; на фиг.4 - выделение на видеоизображении анализируемых областей; на фиг.5 - бинаризации изображения; на фиг.6 - нахождение центров зрачков глаз; на фиг.7 - вывод траекторий движения на плоскости (слева вверху), формы движения по горизонтали (справа) и по вертикали (внизу).

На фиг. 8 - зависимость смещения зрачков глаз вдоль горизонтальной оси при маятникообразной форме нистагма (верхняя линия - правый глаз, нижняя линия - левый глаз).

На фиг. 9- зависимость смещения зрачков глаз вдоль вертикальной оси при маятникообразной форме нистагма (верхняя линия - правый глаз, нижняя линия - левый глаз).

На фиг.10 - траектория движения зрачков глаз при маятникообразном нистагме (верхние точки - правый глаз, нижние точки - левый глаз).

На фиг. 11 - спектр движения зрачков глаз вдоль горизонтальной оси при маятникообразном нистагме (сплошные прямоугольники - правый глаз, контурные прямоугольники - левый глаз).

На фиг. 12 - спектр движения зрачков глаз вдоль горизонтальной оси при маятникообразном нистагме (сплошные прямоугольники - правый глаз, контурные прямоугольники - левый глаз).

Способ заключается в следующем (см. фиг.1).

Голову пациента фиксируют в подставке 2. С помощью, например, лампы дневного света 3 равномерно освещают глазное яблоко 1 пациента, причем для устранения бликов на зрачке используют рассеиватель 4. Для повышения точности бинокулярной регистрации перемещения зрачков глаз с

помощью одной видеокамеры их изображения сводят воедино с помощью оптической системы 5. Видеокамера 6 регистрирует смещение глаз 1 в глазницах. Видеоизображение движущихся зрачков вводится в компьютер 8 с помощью аналого-цифрового преобразователя 7 и анализируется с помощью компьютерной программы. Проводят покадровую пороговую обработку видеофайла и запись траектории движения центров зрачков глаз, а также их математическую обработку (спектральное преобразование). Размер обрабатываемых областей выбирают таким образом, чтобы они содержали зрачки во всех их положениях в течение всего времени наблюдения, так как наличие в выбранной области посторонних объектов, соизмеримых или больших размера зрачка глаза, приведет к неадекватной работе программы, обрабатывающей видеоизображения. Распознают центр фигуры, имеющей размер и форму, соответствующие размерам и форме зрачка глаза. За ее центр принимают точку, равноудаленную от границы объекта.

Устройство включает фиксатор-подставку для головы 2, лампу дневного света 3, рассеиватель 4, оптическую систему сведения изображений глаз 5 (см. фиг. 2), состоящую из двух пар зеркал для формирования изображений глаз на экране компьютера одного под другим, установленных между глазами и видеокамерой и выполненных с возможностью обеспечения их поворота вокруг вертикальной и горизонтальной осей, при этом первые из зеркал 12 и 13 каждой пары расположены напротив соответствующего глаза, а вторые зеркала 14 и 15 каждой пары расположены между первыми со смещением параллельно им, видеокамеру 6. Устройство содержит также аналого-цифровой преобразователь (плата видеоввода) 7, компьютер 8, носитель информации 9, обеспечивающий хранение данных. За счет возможности регулировки сведения изображений двух глаз достигается изображение максимального разрешения, которое обеспечивает проведение измерений с повышенной точностью.

На фиг.3-7 приведена схема анализа видеоизображения. После ввода данных в ЭВМ с источника видеoinформации (видеокамеры, видеомагнитофона) и запуска программы обработки видеоизображение отображается в окне (фиг.3). Для начала анализа на изображении выделяют области (правого и левого глаза), охватывающие достаточную площадь, чтобы во время движения зрачок не выходил за их пределы (фиг. 4). Пороговый уровень для бинаризации (преобразования полутонового изображения с целью сокращения информационной избыточности) изображения выбирается таким образом, чтобы на изображении остался четкий силуэт исследуемого объекта (фиг.5). Затем находят геометрические центры зрачков глаз, и их координаты записываются в массив (фиг.6). По завершении анализа на экран выводится форма движения по вертикали (внизу), по горизонтали (справа) и траектория движения на плоскости (слева внизу) (фиг.7). Используя методику быстрого преобразования Фурье, рассчитывают спектр

движения каждого глазного яблока вдоль горизонтальной и вертикальной осей. По величине амплитуд и частот спектральных гармоник движения глаз определяют характер их движения.

Пример практической реализации изобретения.

Видеоизображение анализируется с помощью программы, реализующей алгоритм распознавания объектов и обеспечивающей диалог с пользователем. Для ввода изображения используется плата видеоввода Matrox Marvel G450, поддерживающая полноформатный ввод видеоматериалов со скоростью 30 кадров в секунду, и поставляемое с ней программное обеспечение (ПО) для захвата видеоизображения в файл формата AVI.

Программная часть программно-аппаратного комплекса ПАК включает специализированную программу, функционирующую в среде Windows'98 и осуществляющую анализ введенного изображения. С помощью программной части ПАК определяется положение центров зрачков глаз и осуществляется запись и спектральный анализ траекторий их движения. Результаты анализа сохраняются на носителе информации 9.

Программа позволяет анализировать введенное в компьютер видеоизображение движущегося объекта или его часть: осуществляет открытие файла формата AVI, предоставляет возможность выбора обрабатываемых областей и порога обработки, проводит покадровую пороговую обработку видеofайла и запись траекторий движения центров объектов, а также их математическую обработку (спектральное преобразование). Размер обрабатываемых областей выбирается таким образом, чтобы они содержали зрачки глаз во всех их положениях в течение всего времени наблюдения. При этом следует учитывать, что необоснованное увеличение размера областей приводит к существенному увеличению времени обработки.

Программа распознает центр фигуры, имеющей размер и форму, соответствующие размерам и форме зрачка глаза. За ее центр принимается точка, равноудаленная от границы объекта.

Обследования проводились у пациентов с выраженным характером нистагма. У пациента Ч., 12-ти лет, наблюдался маятникообразный нистагм. На фиг.8 представлены результаты измерения смещения зрачков по горизонтали за время 5 секунд. Как видно из представленного чертежа, наблюдаются периодические отклонения зрачка глаза на величину порядка 1,2 мм как для левого, так и для правого глазного яблока. Период маятникообразного нистагма обоих глаз около 0,2 с. На фиг.9 представлены результаты измерения смещения зрачков по вертикали за время 5 секунд. Из фиг.8 и 9 видно, что амплитуда движения зрачков вдоль горизонтальной (фиг.8) и вертикальной (фиг.9) осей различна. Наибольшее смещение имеют движения зрачка глаза вдоль горизонтальной оси. Кроме того, сравнивая совпадение формы движений правого и левого глаз можно судить о степени синхронности их движения: для горизонтального нистагма

визуально наблюдается совпадение амплитуд и фаз отклонения, что свидетельствует о синхронности горизонтального движения обоих глаз, для вертикального нистагма синхронности не наблюдается.

Несмотря на то, что о синхронности движения глаз качественно можно судить по фиг.8 и 9, количественно о степени синхронности движений лучше судить по спектральному представлению движений глаз.

Спектральное представление движения глаз вдоль горизонтальной оси приведено на фиг.11. Как следует из результатов, представленных на фиг.11, в спектре движения обоих зрачков имеется гармоника на частоте 5,1 Гц с амплитудой, превышающей остальные гармоники. Соответствующий этой частоте период движения, равный 0,2 с, характеризует маятникообразный нистагм. Совпадение частот гармоник с максимальной амплитудой у обоих глаз говорит о высокой степени горизонтальной синхронности движения правого и левого глаз пациента. Спектральное представление движения глаз вдоль вертикальной оси приведено на фиг. 12, которое подтверждает отсутствие синхронности вертикального движения глаз, однако амплитуда таких движений оказывается значительно меньшей, чем амплитуда горизонтального движения глаз.

Таким образом, описанная методика позволяет бинокулярно регистрировать движение глаз и определять характер этого движения.

### Формула изобретения:

1. Способ исследования движения глаз, включающий освещение глаз источником света, получение видеоизображения глаза на экране компьютера, бинаризацию каждого записанного кадра видеоизображения, с последующим анализом параметров движения глаза, отличающийся тем, что на экране компьютера одновременно получают видеоизображение второго глаза, перемещают изображения глаз до получения их расположения одного под другим с минимальным расстоянием между ними, до или после бинаризации на видеоизображении каждого глаза выбирают область, в пределах которой движется зрачок глаза, в этой области находят фигуру с размером и формой, соответствующими размерам и форме зрачка глаза, анализ параметров осуществляют путем анализа движения центра этой фигуры, для чего записывают траекторию его движения, измеряют амплитуду и частоту спектральных составляющих движения, при этом за центр фигуры принимают точку, равноудаленную от границы фигуры.

2. Устройство для исследования движения глаз, включающее источник света для освещения глаз, рассеиватель света, видеокамеру для ввода видеоизображения движущихся зрачков через аналого-цифровой преобразователь в компьютер, отличающееся тем, что оно имеет две пары зеркал для формирования изображений глаз одного под другим на экране компьютера, зеркала установлены между глазами и видеокамерой и выполнены с возможностью обеспечения их поворота вокруг вертикальной и горизонтальной осей, при этом первые из

зеркал каждой пары расположены напротив соответствующего глаза, а вторые зеркала каждой пары расположены одно под другим, ориентированы параллельно

соответствующим первым и помещены в промежутке, разделяющем первые зеркала со смещением в сторону глаз.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

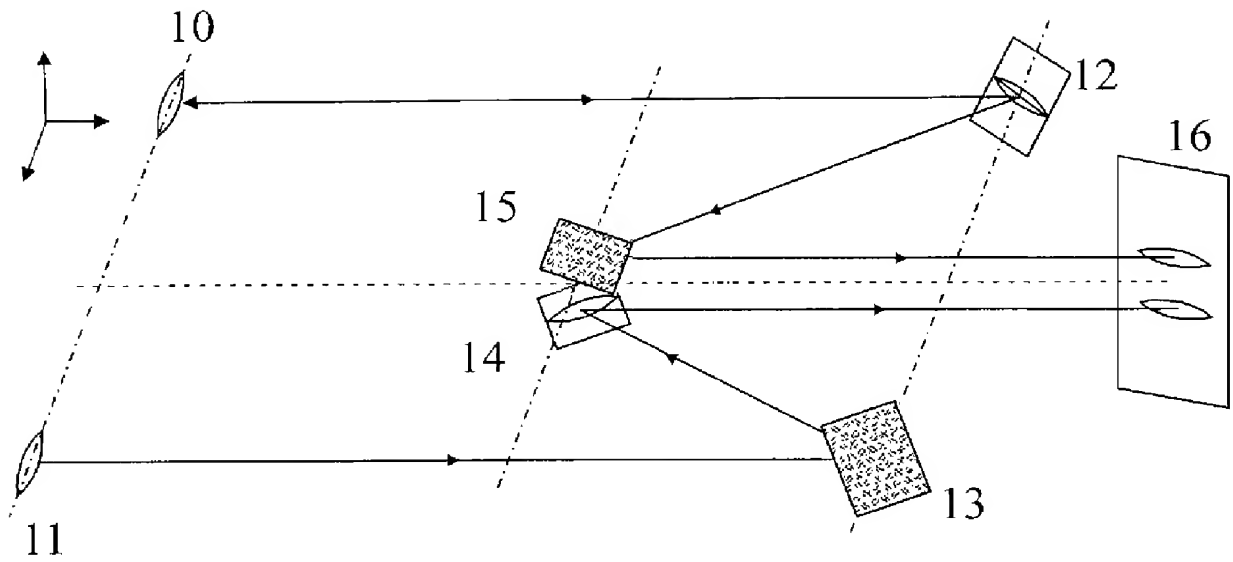
50

55

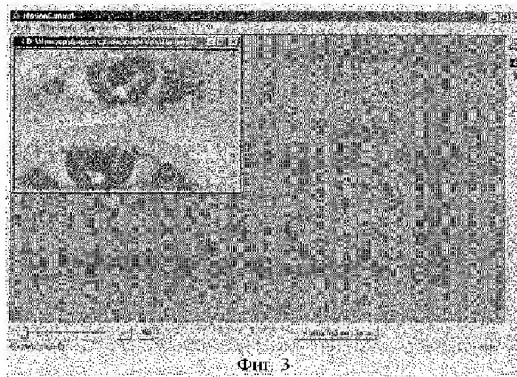
60

RU 2221475 C1

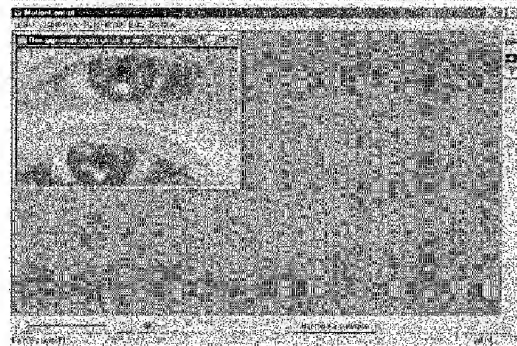
RU 2221475 C1



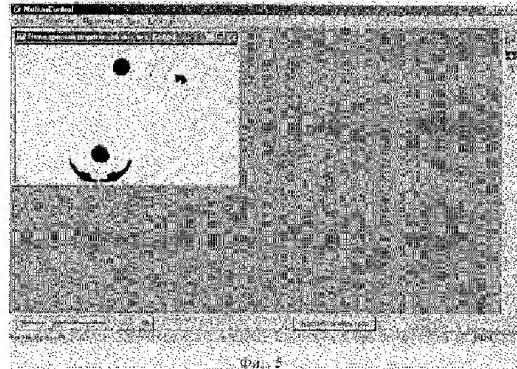
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

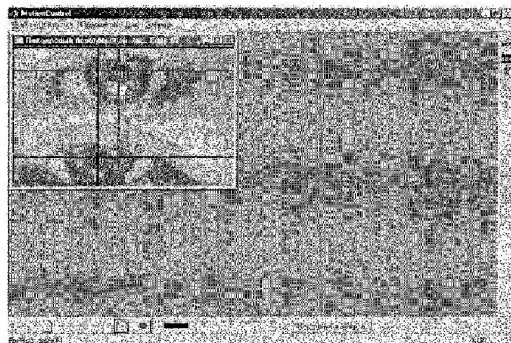


Фиг. 5

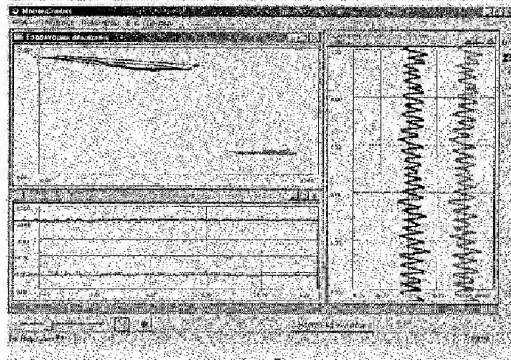
RU 2221475 C1

RU 2221475 C1

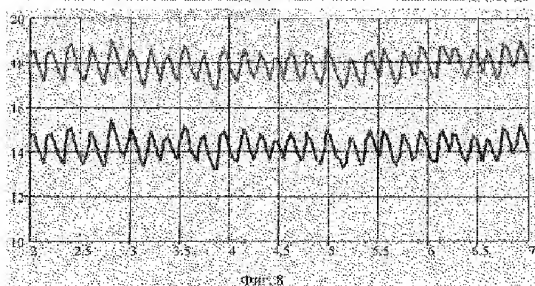
RU 2221475 C1



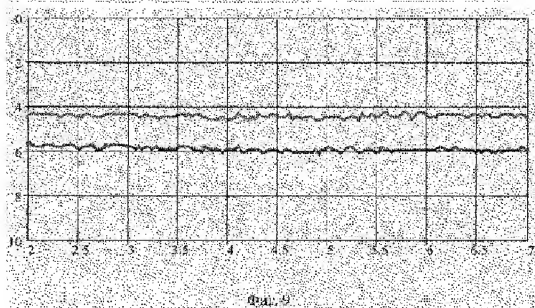
Фиг. 6



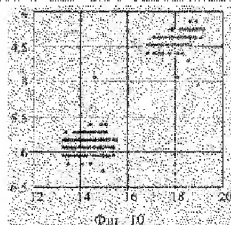
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

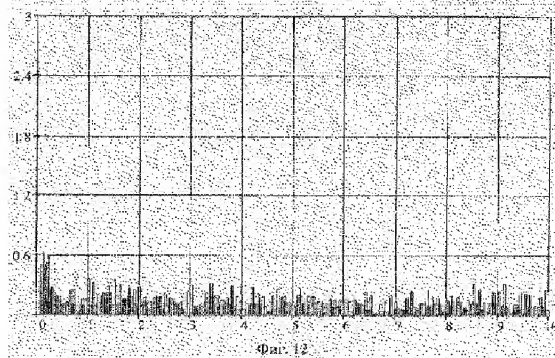
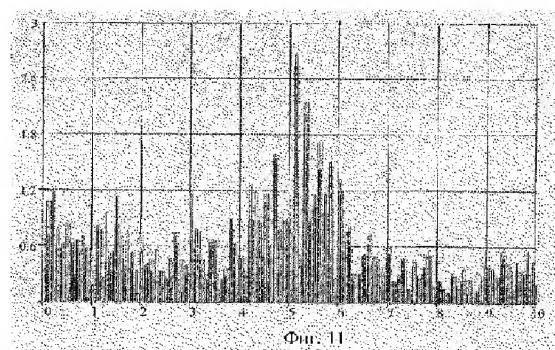


Фиг. 10

RU 2221475 C1



RU 2221475 C1



RU 2221475 C1